



Munich Personal RePEc Archive

Development of System Dynamics Macroeconomic Equilibrium Model

Skribans, Valerijs
Riga Technical University

2011

Online at <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/34357/>
MPRA Paper No. 34357, posted 27. October 2011 / 18:23

Modeļa pamatu veido mājsaimniecības un komersanti. Mājsaimniecībām pieder visi resursi. Tās piedāvā darbaspēku, dabas un citus resursus. Mājsaimniecības veido pieprasījumu un patērē patēriņa preces un pakalpojumus. Mājsaimniecības varētu ne visus savus līdzekļus iztērēt patēriņam, bet daļu no tiem uzkrāt. Tāpat mājsaimniecības varētu patēriņam iztērēt vairāk nekā ir saņemts no komersantiem, starpību sedzot ar kredīta palīdzību. Komersantu uzkrājumi un uzkrājumu patēriņš ir atspoguļoti divās plūsmās, t.i. komersantu uzkrājumi un investīcijas. Atbilstoši ekonomikas teorijai kopējām investīcijām jāatbilst kopējiem uzkrājumiem. Piedāvātais modelis realizē šo principu. Tāpat ir iespējams pievienot ārējās vides bloku, ar kura palīdzību ir iespējams palielināt gan investīciju apjomu tautsaimniecībā, gan mājsaimniecību patēriņu.

Valdības uzkrājumi arī ietekmē kopējos uzkrājumus. Savus uzdevumus valdība realizē, iekasējot nodokļus, no nodokļu summām izmaksājot iedzīvotājiem transferti vai pasūtot komersantiem dažādas preces un pakalpojumus. Ideālākajā gadījumā iekasēto nodokļu apjomam un transfertu, valsts pasūtījumu summām jāsakrīt, tādā gadījumā valdībai nav aizņēmumu un uzkrājumu. Ja valdības izdevumi pārsniedz ieņēmumus, valdībai jāaizņemas nauda, citādi valdība veic uzkrājumus.

Atšķirībā no tradicionālā aprites modeļa 1. attēls ir papildināts ar krātuvi - materiālie krājumi; mājsaimniecības krātuve papildināta ar plūsmu - skaidras naudas izņemšanu. Plūsma - skaidras naudas izņemšana no mājsaimniecības - ir ieviesta, lai atspoguļotu, cik mājsaimniecības izņem naudu no ekonomiskās aprites. Tā papildina mājsaimniecības uzkrājumu plūsmu. Vienīgi, ja plūsma mājsaimniecības uzkrājumi veido kopējie uzkrājumi, kuri tālāk varētu būt izmantojami investīcijām vai citiem mērķiem, tad skaidras naudas izņemšana veido mājsaimniecības uzkrājumus, kuri nepiedalās aprītē, bet šī nauda varētu būt izmantota, ja mājsaimniecībām būtu finansiālas grūtības. Materiālo krājumu krātuve atspoguļo materiālo krājumu apjomu sistēmā, parāda iekšzemes kopproduktu (IKP) no ražošanas un izlietojuma puses.

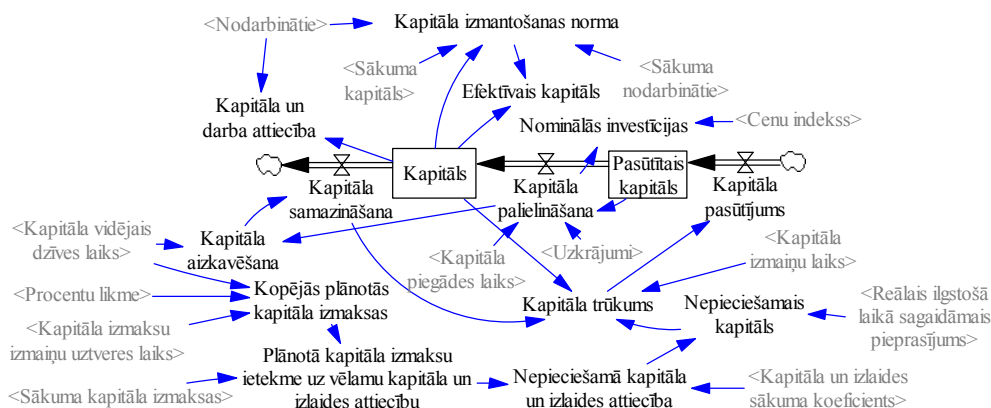
Modelī ir apskatīta slēgta ekonomiskā sistēma, ārējā vide jeb starptautiskā tirdzniecība netiks apskatīta. Tas ir viens no šī raksta ierobežojumiem. Makroekonomiskās aprites modelis arī nav plaši apskatīts, jo tā apraksts ir pieejams

makroekonomikas teorijas grāmatās [3; 4; 5] Tāpat šī modeļa daļa jau bija nopublicēta [6; 7]. Rakstā galvenā uzmanība pievērsta aprites modeļa skaidrojošajiem apakšblokiem, kuri ir atspoguļoti vēlāk.

III. INVESTĪCIJU MODELIS

Investīciju apakšmodeļa veidošanā viena no svarīgākajām lomām ir investīciju jēdziena saprašana. Ražošanas procesam ir nepieciešams kapitāls. Viens no investīciju definējumiem varētu skanēt sekojoši: investīcijas ir ražošanas kapitāla palielināšana ekonomiskajā sistēmā. Atbilstoši, lai novērtētu ražošanas kapitāla palielināšanu, ir nepieciešams vispusīgi izanalizēt kapitālā kustību (palielināšanu un samazināšanu) ietekmējošos faktorus. Pirmkārt, pieņemsim, ka ir zināms ilgstošā laikā sagaidāmais pieprasījums. Katra ekonomiskā sistēma varētu būt raksturojama ar Ņeontjeva ražošanas funkcijas koeficientiem, kuri nosaka ražošanas resursa un izlaides attiecības. Ja apskatām kapitāla un izlaides attiecību, tā kopā ar ilgstošā laikā sagaidāmo pieprasījumu ļauj novērtēt, kāds kapitāls ir nepieciešams, lai apmierinātu pieprasījumu. Tālāk, zinot nepieciešamo un faktisko kapitālu, ir iespējams noteikt trūkstošo kapitālu. Šeit ir svarīgi atkāpties no pamatidejas skaidrošanas un atgādināt, ka ir nepieciešams analizēt ne tikai nepieciešamo un faktisko kapitālu, bet arī to kapitālu, kurš pamet sistēmu, to var saukt pār kapitāla samazināšanu. Kapitāla samazināšana ir saistīta ar kapitāla ierobežoto dzīves laiku. Investējot līdzekļus, katrs investors plāno atgūt līdzekļus atpakaļ. Atbilstoši, valstī ir iespējams izrēķināt vidējo investēšanas laiku jeb kapitāla vidējo dzīves laiku. Investētais kapitāls pamet sistēmu pēc tā vidējā dzīves laika. Atbilstoši, šai pašai summai ir nepieciešams piesaistīt kapitālu, lai nodrošinātu prasāmo izlaides līmeni. Kopā ar nepieciešamo un faktisko kapitālu, kapitāla samazināšana nosaka kapitāla trūkumu. Kapitāla samazināšanas ievērošana tālāk arī ļaus aprēķināt tīrās kapitāla izmaiņas. Zinot kapitāla trūkumu, ir iespējams piesaistīt kapitālu. Reāli kapitāla piesaiste nenotiek momentāni, bet pēc kādā laika perioda. Kā arī kapitāla piesaiste ir iespējama tikai gadījumā, ja sistēmā ir uzkrājumi. Aprakstītās sakarības grafiskā veidā ir atspoguļotas 2. attēlā.

Atbilstoši 2. attēlam tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.



2. att. Investīciju modelis [autora sagatavotais attēls]

Kapitāls = INTEG (Kapitāla palielināšana - Kapitāla samazināšana, Sākuma līmenis)
 Kapitāla samazināšana = Kapitāla aizkavēšana
 Kapitāla palielināšana = MAX (0, MIN (Uzkrājumi, Pasūtītais kapitāls / Kapitāla piegādes laiks))
 Pasūtītais kapitāls = INTEG (Kapitāla pasūtījums - Kapitāla palielināšana, Sākuma līmenis)
 Kapitāla pasūtījums = Kapitāla trūkums
 Kapitāla aizkavēšana = DELAY FIXED (Kapitāla palielināšana, Kapitāla vidējais dzīves laiks, Kapitāls/Kapitāla vidējais dzīves laiks)
 Kapitāla trūkums = Nepieciešamais kapitāls + Kapitāla samazināšana - Kapitāls
 Nepieciešamais kapitāls = Reālais ilgstošā laikā sagaidāmais pieprasījums * Nepieciešamā kapitāla un izlaides attiecība
 Nominālās investīcijas = Kapitāla palielināšana * (Cenu indekss / 100)
 Kopējās plānotās kapitāla izmaksas = SMOOTH (Procentu likme, Kapitāla izmaksu izmaiņu uztveres laiks) / 100 + 1/Kapitāla vidējais dzīves laiks
 Plānotā kapitāla izmaksu ietekme uz vēlamu kapitāla un izlaides attiecību = Kopējās plānotās kapitāla izmaksas / Sākuma kapitāla izmaksas
 Nepieciešamā kapitāla un izlaides attiecība = Plānotā kapitāla izmaksu ietekme uz vēlamu kapitāla un izlaides attiecību * Kapitāla un izlaides sākuma koeficients
 Kapitāla un darba attiecība = Kapitāls / Nodarbinātie
 Kapitāla izmantošanas norma = (Sākuma kapitāls / Sākuma nodarbinātie) * (Nodarbinātie / Kapitāls)
 Efektīvais kapitāls = Kapitāls * Kapitāla izmantošanas norma

Kur: INTEG (**a**, **b**) – integrālis no **a**, bet sākumpunktā, kad nav iespējams izrēķināt integrāli, funkcija pieņem **b** lielumu;
 MIN (**a**, **b**) – izvēles operators, izvēlas minimālo rādītāju no **a** un **b**.;
 MAX (**a**, **b**) – izvēles operators, izvēlas maksimālo rādītāju no **a** un **b**.;
 DELAY FIXED (**a**, **t**, **b**) – laika aizkavēšanas operators, rādītāja **a** (lielums) tiek aizkavēts uz laiku **t**, aizkavēšanās laikā tiek izmatots rādītājs **b**.
 SMOOTH (**a**, **t**) – izlīdzināšanas operators, rādītāja **a** (lielums) tiek izlīdzināts **t** laikā.

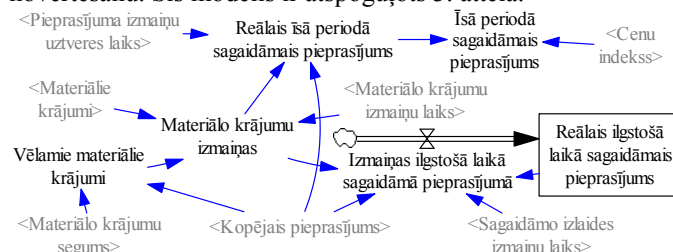
*vienādojumi ir atspoguļoti atbilstoši vispārpieņemtiem sistēmdinamikas apzīmējumiem [8; 9]

Ir nepieciešamas paskaidrot ar 2. attēlu saistītos vienādojumus. Ir redzams, ka kapitāla palielināšanai ir pielietots izteiciens Max (0, (Min (**a**, **b**)). Tas nodrošina, pirmkārt, lai kapitāla palielināšana būtu pozitīva (maksimāla, salīdzinot ar nulli) un, otrkārt, lai kapitāla palielināšanai būtu izvēlēts mazākais no uzkrājumiem (**a**) un no sagatavotā piegādei pasūtītā kapitāla (**b**). Teorētiski, iedzīvotāju skaita samazināšanās gadījumā, pieprasījums varētu mazināties. Tādos apstākļos pielietotam kapitālam arī jāsamazinās. Bet tā samazināšana notiks pakāpeniski, ievērojot kapitāla vidējo dzīves laiku.

Atsevišķi apakšmodeļa rādītāji, tādi kā Kapitāla vidējais dzīves laiks, Kapitāla piegādes laiks konkrētai valstij varētu būt pieņemti kā nemainīgie. Visi pārējie vienādojumi ir vienkārši un neprasa izskaidrošanu. Nepieciešams izskaidrot par investīciju apakšbloka saistību ar pamat modeli un pārējiem modeļa blokiem. No pamatshēmas, analizējot 1. attēlu, var secināt, ka investīcijas ir iespējamās tikai gadījumā, ja sistēmā ir uzkrājumi; atbilstoši 2. attēlā ir redzami mainīgie Uzkrājumi no pamatmodeļa. Tāpat Cenu indekss jau bija redzams pamatmodelī. Mainīgais Reālais ilgstošā laikā sagaidāmais pieprasījums ir no sagaidāmā pieprasījuma apakšbloka un tiks apskatīts vēlāk.

IV. SAGAIĀMĀ PIEPRASĪJUMA MODELIS

Sagaidāmā pieprasījuma noteikšana balstās uz kopēja pieprasījuma, materiālu krājumu un to izmaiņu laikā novērtēšanu. Šis modelis ir atspoguļots 3. attēlā.



3. att. Sagaidāmā pieprasījuma modelis [autora sagatavotais attēls]

Atbilstoši 3. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.

Par sagaidāmā pieprasījuma modeļa izejas punktiem kalpo Kopējais pieprasījums un Materiālie krājumi, kuri iepriekš jau apskatīti pamatmodelī. Izmaiņu laiki, kā arī Materiālu krājumu segums ir nemainīgi koeficienti, kurus ir iespējams aprēķināt katrai valstij atsevišķi.

Reālais ilgstošā laikā sagaidāmais pieprasījums = INTEG (Izmaiņas ilgstošā laikā sagaidāmā pieprasījumā, Sākuma līmenis)

Izmaiņas ilgstošā laikā sagaidāmā pieprasījumā = (Kopējais pieprasījums + Materiālo krājumu izmaiņas - Reālais ilgstošā laikā sagaidāmais pieprasījums) / Sagaidāmo izlaides izmaiņu laiks

Materiālo krājumu izmaiņas = (Vēlamie materiālie krājumi - Materiālie krājumi) / Materiālo krājumu izmaiņu laiks

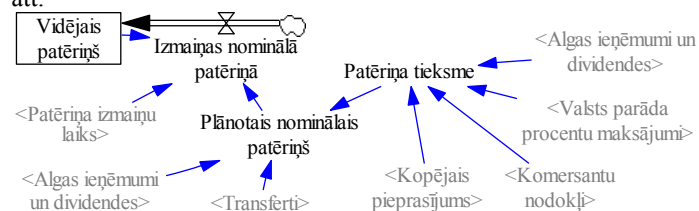
Vēlamie materiālie krājumi = Kopējais pieprasījums * Materiālo krājumu segums

Reālais īsā periodā sagaidāmais pieprasījums = SMOOTH (Kopējais pieprasījums, Pieprasījuma izmaiņu uztveres laiks) + Materiālo krājumu izmaiņas

Koeficients Materiālu krājumu segums parāda, kādai jābūt materiālo krājumu un kopējā pieprasījuma attiecībai. Šis koeficients varētu nemainīties ilgstošā laikā, tāpēc īslaicīgai un vidēja termiņa prognozēšanai tas ņemts par nemainīgo. Gadījumā, ja mainās kopējais pieprasījums, tad atbilstoši šim koeficientam ir iespējams izrēķināt vēlamos materiālos krājumus. No vēlamie materiāliem krājumiem, ievērojot faktiskos krājumus un to iespējamo izmaiņu laiku, var izrēķināt materiālo krājumu izmaiņas. Materiālo krājumu izmaiņas, kopējais pieprasījums un izlaidis izmaiņu laiks kopumā nosaka izmaiņas sagaidāmā pieprasījumā. Ievērojot izmaiņas sagaidāmā pieprasījumā un iepriekšējā periodā noteikto pieprasījumu, var noteikt sagaidāmo pieprasījumu.

V. MĀJSAIMNIECĪBU PATĒRIŅA MODELIS

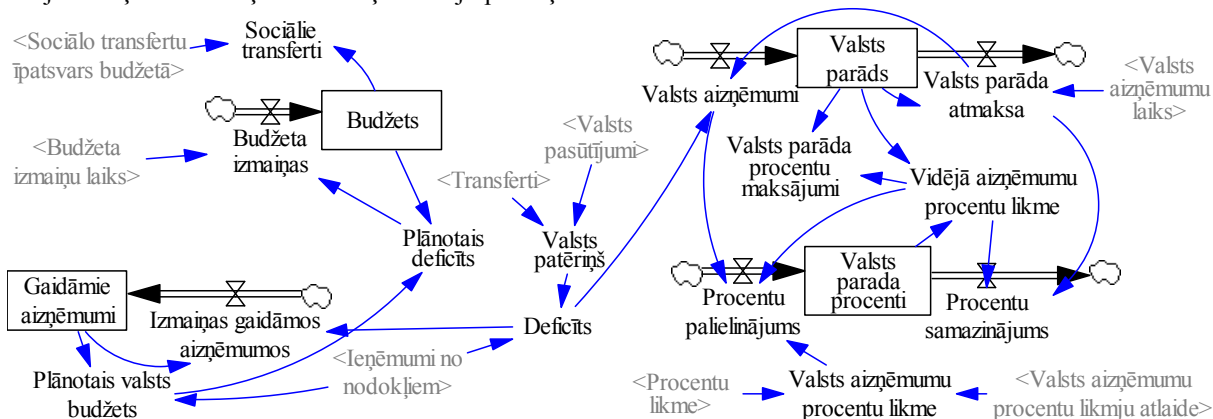
Mājsaimniecību patēriņa modelis nosaka mājsaimniecības patēriņa apjomu, tā izmaiņas, un apraksta patēriņa tieksmes koeficientu. Mājsaimniecību patēriņa modelis ir redzams 4. att.



4. att. Mājsaimniecību patēriņa modelis [autora sagatavotais attēls]

Atbilstoši 4. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.

4. att. un to vienādojumu aprakstu sāksim no vidējā patēriņa analīzes. Vidējais patēriņš, kas ir tas pats, kas Mājsaimniecību patēriņš no kopējā modeļa, ir integrālis no tā iepriekšējā līmeņa un izmaiņām. Izmaiņas vidējā patēriņā ir



5. att. Valsts finanšu modelis [autora sagatavotais attēls]

Mājsaimniecību patēriņa modeļa kods.

Vidējais patēriņš = INTEG (Izmaiņas nominālā patēriņā, Sākuma līmenis)

Izmaiņas nominālā patēriņā = (Plānotais nominālais patēriņš - Vidējais patēriņš) / Patēriņa izmaiņu laiks

Plānotais nominālais patēriņš = (Transferti + Algas ieņēmumi un dividendes) * Patēriņa tieksme

Patēriņa tieksme = ACTIVE INITIAL (Kopējais pieprasījums / (Algas ieņēmumi un dividendes + Komersantu nodokļi + Valsts parāda procentu maksājumi), Sākuma patēriņa tieksme)

Kur: ACTIVE INITIAL (**a**, **b**) – rādītājs ar funkciju **a**, bet sākumpunktā funkcija sāk no **b** lieluma.

Valsts finanšu modeļa kods.

Budžets = INTEG (Budžeta izmaiņas, Sākuma līmenis)

Budžeta izmaiņas = Plānotais deficīts / Budžeta izmaiņu laiks

Sociālie transferti = Budžets * Sociālo transfertu īpatsvars budžetā / 100

apzīmētas kā Izmaiņas nominālā patēriņā, un tās ietekmē Plānotais nominālais patēriņš, Vidējais patēriņš un Patēriņa izmaiņu laiks. Izmaiņas rēķinātas kā starpība starp vidējo patēriņu (faktu) un plānoto patēriņu, ievērojot ka izmaiņas nevarētu būt realizējamas nekavējoties, bet notiek pakāpeniski, ievērojot izmaiņu laiku. Izmaiņu laiks varētu būt ņemts kā nemainīgs, bet Plānoto nominālo patēriņu ir nepieciešams aprēķināt. Mājsaimniecību patēriņa plānotais patēriņš ir saistīts ar mājsaimniecību ieņēmumiem un to daļu, ko mājsaimniecības plānos iztērēt. Mājsaimniecību patēriņa plānu nosaka patēriņa tieksme, bet ieņēmumus veido algas ieņēmumi, dividendes un transferti, kuri ir apskatīti kopējā modelī.

Patēriņa tieksmi var ņemt kā nemainīgo rādītāju, jo īslaicīgos periodos tā ir nemanīga. Ilgstošā periodā kopā ar būtisko ienākumu vai uzkrājumu pieaugumu, patēriņa tieksme varētu mainīties. Atbilstoši var ieviest patēriņa tieksmes izmaiņu algoritmu. Ekonomiskā teorijā visbiežāk minēts, ka patēriņa tieksme nosaka nevis patēriņa izmaiņas, bet uzkrājumu izmaiņas. Ir zināms, ka patēriņš kopā ar uzkrājumiem veidojas no kopējiem ienākumiem. Atbilstoši patēriņa tieksmi varētu aprēķināt no kopējiem ieņēmumiem un no kopējā veidotā pieprasījuma, kas ir izdarīts 4. attēlā un tā vienādojumos.

VI. VALSTS FINANŠU MODELIS

Valsts finanšu modeli veido četri elementi: valsts budžets, valsts parāds, gaidāmie aizņēmumi un valsts parāda procenti. Valsts finanšu modelis ir atspoguļots 5. attēlā.

Atbilstoši 5. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.

Gaidāmie aizņēmumi = INTEG (Izmaiņas gaidāmos aizņēmumos, Sākuma līmenis)
 Izmaiņas gaidāmos aizņēmumos = Deficīts - Gaidāmie aizņēmumi
 Plānotais valsts budžets = Ieņēmumi no nodokļiem + Gaidāmie aizņēmumi
 Valsts parāds = INTEG (Valsts aizņēmumi - Valsts parāda atmaksa, Sākuma līmenis)
 Valsts aizņēmumi = Deficīts + Valsts parāda atmaksa
 Valsts parāda atmaksa = Valsts parāds / Valsts aizņēmumu laiks
 Valsts parāda procentu maksājumi = Valsts parāds * Vidējā aizņēmumu procentu likme / 100
 Vidējā aizņēmumu procentu likme = IF THEN ELSE (Valsts parāds > 0, 100 * Valsts parāda procenti / Valsts parāds, 0)
 Valsts parāda procenti = INTEG (Procentu palielinājums - Procentu samazinājums, Sākuma līmenis)
 Procentu palielinājums = IF THEN ELSE (Valsts aizņēmumi > 0, Valsts aizņēmumi * Valsts aizņēmumu procentu likme / 100, Valsts aizņēmumi * Vidējā aizņēmumu procentu likme / 100)
 Procentu samazinājums = Valsts parāda atmaksa * Vidējā aizņēmumu procentu likme / 100
 Valsts aizņēmumu procentu likme = Procentu likme * Valsts aizņēmumu procentu likmju atlaide
 Deficīts = Valsts patēriņš - Ieņēmumi no nodokļiem
 Plānotais deficīts = Plānotais valsts budžets - Budžets
 Valsts patēriņš = Valsts pasūtījumi + Transferti
 Kur: IF THEN ELSE(a, b, c) - loģiskas izvēles operators; gadījumā, ja izpildās nosacījums a, tad izvēlas b, citādi c.

Ienākumu modeļa kods.

Nominālais IKP = IKP * Cenu indekss / 100
 Rezervju kapitāls = Nominālais IKP - Nominālās algas
 Komersantu nodokļi = MAX (0, Rezervju kapitāls * Komersantu nodokļu daļa)
 Komersantiem pieejamie ienākumi = Rezervju kapitāls - Komersantu nodokļi
 Nominālās dividendes = SMOOTH (Komersantiem pieejamie ienākumi * Dividenžu daļa, 0.25)
 Individuālie nodokļi = (Nominālās algas + Nominālās dividendes) * Individuālo nodokļu daļa

Gaidāmie valsts aizņēmumi tiek rēķināti, lai noteiktu plānoto valsts budžetu. Izejot no faktiskā un plānotā valsts budžeta, var izrēķināt plānoto deficītu. Valsts aizņēmumu apjomu nosaka deficīta apjoms. Gadījumā, ja palielinās deficīts, tad tas palielina sagaidāmos aizņēmumus. No sagaidāmajiem aizņēmumiem un nodokļu ieņēmumiem (rādītājs paņemts no kopējā modeļa) var aprēķināt plānotā valsts budžeta apjomu. Plānotais valsts budžeta deficīts, t.i., plānotā un faktiskā budžeta starpība. Bet faktiskais deficīts rēķināts kā valsts patēriņa un nodokļu ieņēmumu starpība. Valsts patēriņš ir valsts pasūtījumu un transfertu kopsumma. Rādītājs Deficīts arī varētu atspoguļot proficītu, ja nodokļu ieņēmumi pārsniedz valsts patēriņu.

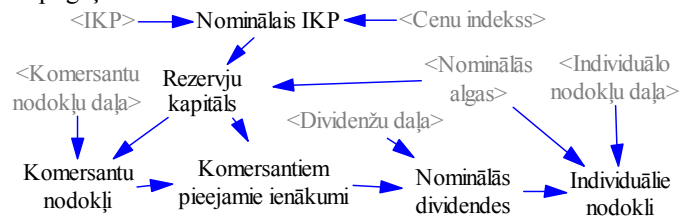
Nākošais modeļa elements ir valsts parāds. Valsts parāds aug ar valsts aizņēmumiem un samazinās, kad beidzās aizņēmumu laiks. Ievērojot, ka visbiežāk valsts parādu neatmaksā, bet restrukturizē, ir norādīts, ka valsts aizņēmumi veidojas no deficīta un valsts parāda atmaksas kopsummas. Reāli valsts parāds samazinās tikai, kad rādītājs Deficīts atspoguļo proficītu. Valsts parāda summu izmanto, lai noteiktu valsts parāda procentu likmi un maksājumu apjomus.

Valsts parāda procentu summa aug vai samazinās atbilstoši valsts parāda pieaugumam un/vai samazinājumam. Modeļa skaidrošanu nedaudz apgrūtina dažādu procentu likmju pielietošana valsts parāda apkalpošanai. Piesaistot līdzekļu, parasti valstij ir pieejami izdevīgāki nosacījumi nekā tirgū, to norāda rādītāji - Procentu likme (kas ir tirgus procentu likmes rādītājs no saistītā apakšmodeļa) un Valsts aizņēmumu procentu likmju atlaide, kuri kopā veido valsts aizņēmumu procentu likmi. Bet gadījumā, ja valstī ir proficīts, tad procentu samazinājums notiek nevis pēc tirgus nosacījumiem, bet izejot no vidējās uzņemtās procentu likmes (kura modelī atspoguļota kā vidējā aizņēmumu procentu likme). Atsevišķos momentos tirgus procentu likmes varētu

būtiski atšķirties no iepriekšējām procentu likmēm, un tas ir nepieciešams ieverot valsts finanšu plānošanā.

VII. IENĀKUMU MODELIS

Ienākumu modelis apraksta IKP, algu, nodokļu un dividenžu savstarpējo saistību. Ienākumu modelis ir atspoguļots 6. attēlā.



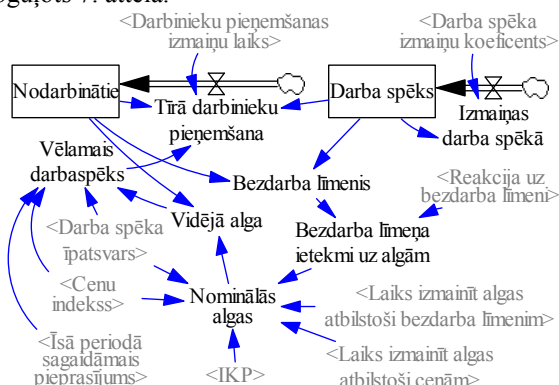
6. att. Ienākumu modelis [autora sagatavotais attēls]

Atbilstoši 6. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.

Ienākumu modelis neiekļauj sarežģītas sakarības, bet atspoguļo vienkāršus makroekonomiskā līdzsvara vienādojumus. Pirmkārt, ir atspoguļota nominālā IKP aprēķināšana, kura ir atkarīga no reālā IKP (kas apzīmēts - IKP) un cenu indeksa (kuri ir ņemti no saistītiem apakšmodeļiem). No nominālā IKP un nominālām algām tiek rēķināts rezervju kapitāls, kurš, izmantojot komersantu nodokļu likmes sadalās uz komersantu nodokļiem un komersantiem pieejamiem ienākumiem (modelī komersantu nodokļu likmes ir apzīmētas kā komersantu nodokļu daļa). Komersanti no saviem ienākumiem kādu daļu izmaksā dividenžu veidā. Zinot dividenžu apjomu un nominālās algas, ir iespējams aprēķināt māsaimniecību vai indivīdu dividenžu un algu ienākumus, bet no tiem aprēķināt individuālos nodokļus. Visi šie rādītāji vēlāk tiek izmantoti citos apakšmodeļos.

VIII. DARBA TIRGUS MODELIS

Darba tirgus modelis apvieno sevī valsts iedzīvotāju demogrāfiskos procesus un nodarbinātības, bezdarba un darba spēka atalgojuma problēmas. Darba tirgus modelis ir atspoguļots 7. attēlā.



7. att. Darba tirgus modelis [autora sagatavotais attēls]

Atbilstoši 7. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.

7. attēlā ir redzams, ka viens no galvenajiem rādītājiem darba tirgus modelī ir darba spēks. Darba spēka plānošanai pielietota samērā vienkārša shēma. Darba spēka apjoms mainās tikai izejot no dabiskām darba spēka izmaiņām, kuras nosaka darba spēka izmaiņu koeficients.

Nodarbināto skaita izmaiņas ietekmē tīrā darbinieku pieņemšana. Nodarbināto skaita palielināšana ir iespējama tikai gadījumā, ja ir bezdarbs, vai darba spēka apjoms ir lielāks nekā nodarbināto skaits. Nodarbināto skaita palielināšana notiek, ievērojot nodarbināto skaitu un vēlamo darbaspēku. Šī palielināšanās notiek nevis vienā momentā, bet izlīdzinātā laikā, ievērojot darbinieku pieņemšanas izmaiņu laiku. No nodarbināto skaita un darba spēka ir iespējams aprēķināt bezdarba līmeni.

Ir zināms, ka bezdarba līmeņa izmaiņas ietekmē darba algas. Bezdarba līmenis kopā ar koeficientu - Reakcija uz bezdarba līmeni - nosaka, kāda būs bezdarba līmeņa ietekme uz algām. Nominālās algas tika aprēķinātas, izejot no darba spēka ieguldījuma IKP veidošanā, ko nosaka IKP un

Darba tirgus modeļa kods.

```

Darba spēks = INTEG (Izmaiņas darba spēkā, Sākuma līmenis)
Izmaiņas darba spēkā = Darba spēka izmaiņu koeficients * Darba spēks
Nodarbinātie = INTEG (Tīrā darbinieku pieņemšana, Sākuma līmenis)
Tīrā darbinieku pieņemšana = IF THEN ELSE (Darba spēks > Nodarbinātie, (Vēlamais darbaspēks - Nodarbinātie) / Darbinieku pieņemšanas izmaiņu laiks, 0)
Bezdarba līmenis = 100 * (1 - Nodarbinātie / Darba spēks)
Bezdarba līmeņa ietekme uz algām = Bezdarba līmenis / Reakcija uz bezdarba līmeni
Nominālās algas = ACTIVE INITIAL(IKP * Darba spēka īpatsvars * SMOOTH (Bezdarba līmeņa ietekme uz algām, Laiks izmainīt algas atbilstoši bezdarba līmenim) * SMOOTH (Cenu indekss, Laiks izmainīt algas atbilstoši cenām), Sākuma līmenis)
Vidējā alga = Nominālās algas / Nodarbinātie
Vēlamais darba spēks = (Darba spēka īpatsvars * Išā periodā sagaidāmais pieprasījums * Cenu indekss/100) / Vidējā alga
    
```

Cenu modeļa kods.

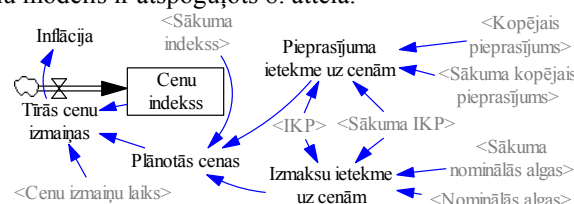
```

Cenu indekss = INTEG (Tīrās cenu izmaiņas, Sākuma līmenis)
Inflācija = DELAY FIXED (Tīrās cenu izmaiņas, 1, 100 * Sākumā inflācija)
Tīrās cenu izmaiņas = (Plānotās cenas - Cenu indekss) / Cenu izmaiņu laiks
Plānotās cenas = Sākuma indekss * Izmaksu ietekme uz cenām * Pieprasījuma ietekme uz cenām
Pieprasījuma ietekme uz cenām = (Kopējais pieprasījums / IKP) / (Sākuma kopējais pieprasījums / Sākuma IKP)
Izmaksu ietekme uz cenām = (Nominālās algas / IKP) / (Sākuma nominālās algas / Sākuma IKP)
    
```

darba spēka īpatsvara koeficienta reizinājums. Tālāk nominālās algas tiek precizētas, ievērojot bezdarba līmeņa un cenu indeksa pieauguma ietekmi uz algām. Šī iedarbība ir izlīdzinātā laikā, ievērojot katra faktora individuālo ietekmi. Zinot nominālās algas un nodarbināto skaitu, var izrēķināt vidējās algas apmēru. Vidējā alga kopā ar darba spēka izmantošanas (īpatsvara) koeficientu ļauj noteikt, cik liels darba spēks ir nepieciešams, lai apmierinātu gaidāmo pieprasījumu, t.i., noteikt vēlamo darba spēku. Kā bija teikts iepriekš, atbilstoši tam tiek palielināts nodarbināto skaits.

IX. CENU MODELIS

Cenu modelis atspoguļo cenu pieaugumu ekonomiskā sistēmā, norāda inflācijas līmeni un to ietekmējošos faktorus. Cenu modelis ir atspoguļots 8. attēlā.



8. att. Cenu modelis [autora sagatavotais attēls]

Atbilstoši 8. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.

Pēc savas būtības inflācija un cenu indeksa pieaugums ir viens un tas pats rādītājs, ja analizējam viena gada noteicošos procesus. Bet praktiski inflācijas rādītāju izmanto tikai, lai atspoguļot gada laikā notikušo cenu pieaugumu, bet cenu indekss var novērtēt cenu pieaugumu dažādu gadu laikā. Abu šo rādītāju izmantošana ir svarīga modelī, lai risinātu dažādus uzdevumus, piemēram, cenu indekss ir vajadzīgs, lai novērtētu reālo vai nominālo IKP, bet inflācijas tekošais līmenis ir svarīgs, nosakot procentu likmes ekonomiskā sistēmā. 8. attēlā ir redzams, ka cenu indekss un ar to saistītā inflācija ir atkarīgi no plānotām cenām un cenu izmaiņu laika. Cenu izmaiņu laiks, t.i., fiksēts koeficients, kurš nosaka, cik ātri varētu mainīties cenas. Plānotās cenas atspoguļo cenu ietekmējošo faktoru kopējais rezultāts.

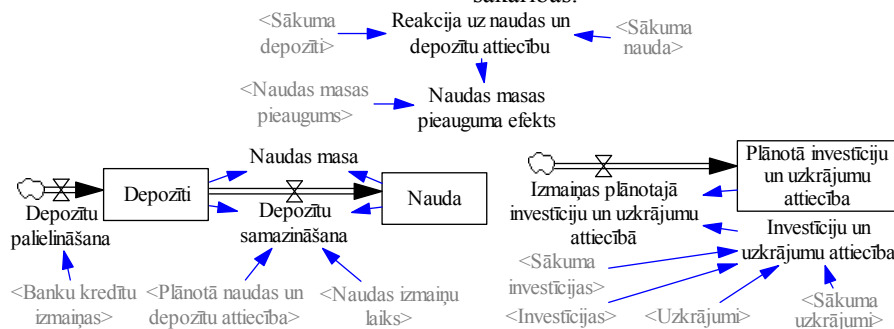
Ekonomikas teorijā ir pieņemts, ka inflāciju, cenu pieaugumu nosaka ražošanas izmaksu pieaugums vai pieprasījuma paplašināšana. Modelī analizēta pieprasījuma un izmaksu ietekme uz cenām. Atbilstoši ekonomikas teorijai, pieprasījuma inflācija veidojas, kad iedzīvotāju un komersantu ieņēmumi aug ātrāk nekā aug saražoto preču un pakalpojumu kopapjoms. Atbilstoši, pieprasījuma inflācijas novērtēšanai vienā vienādojumā ir salīdzināts kopējas pieprasījums, sākuma kopējais pieprasījums (kā ieņēmumu mēri) un sākuma IKP, IKP (kā saražoto preču mēri). Izmaksu inflācijas novērtēšanai tiek izmantotas sākuma nominālās algas, nominālās algas (kā

galvenais resursu izdevumu pieauguma avots), sākuma IKP un IKP.

X.BANKU SEKTORA MODELIS

Banku sektora modelis ir sadalīts divās daļās. Pirmā tiek apskatīta naudas masa, to veidojošā nauda, depozīti, uzkrājumu un investīciju attiecība. Otrā daļā tiek analizētas procentu likmes un banku veidotās rezerves. 9. attēlā ir atspoguļota pirmā banku sektora modeļa daļa.

Atbilstoši 9. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.



9. att. Naudas un depozītu modelis [autora sagatavotais attēls]

Naudas un depozītu modeļa kods.

Depozīti = INTEG (Depozītu palielināšana - Depozītu samazināšana, Sākuma līmenis)

Nauda = INTEG (Depozītu samazināšana, Sākuma līmenis)

Depozītu samazināšana = (Depozīti * Plānotā naudas un depozītu attiecība - Nauda) / Naudas izmaiņu laiks

Depozītu palielināšana = Banku kredītu izmaiņas

Naudas masa = Nauda + Depozīti

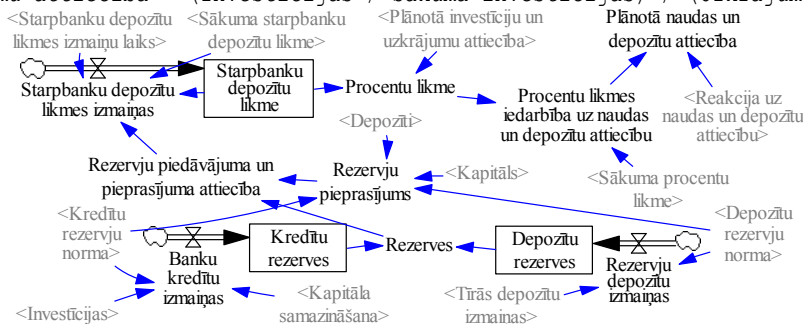
Naudas masas pieauguma efekts = Naudas masas pieaugums * Reakcija uz naudas un depozītu attiecību

Reakcija uz naudas un depozītu attiecību = Sākuma nauda / Sākuma depozīti

Plānotā investīciju un uzkrājumu attiecība = INTEG (Izmaiņas plānotajā investīciju un uzkrājumu attiecībā, Sākuma līmenis)

Izmaiņas plānotajā investīciju un uzkrājumu attiecībā = Investīciju un uzkrājumu attiecība - Plānotā investīciju un uzkrājumu attiecība

Investīciju un uzkrājumu attiecība = (Investīcijas / Sākuma investīcijas) / (Uzkrājumi / Sākuma uzkrājumi)



10. att. Procentu likmes un rezervju veidošanas modelis [autora sagatavotais attēls]

Procentu likmes un rezervju veidošanas modeļa kods.

Starpbanku depozītu likme = INTEG (Starpbanku depozītu likmes izmaiņas, Sākuma līmenis)

Starpbanku depozītu likmes izmaiņas = (Sākuma starpbanku depozītu likme / Rezervju piedāvājuma un pieprasījuma attiecība - Starpbanku depozītu likme) / Starpbanku depozītu likmes izmaiņu laiks

Rezervju piedāvājuma un pieprasījuma attiecība = Rezerves / Rezervju pieprasījums

Procentu likme = ACTIVE INITIAL (Plānotā investīciju un uzkrājumu attiecība + Starpbanku depozītu likme, Sākuma līmenis)

Procentu likmes iedarbība uz naudas un depozītu attiecību = Procentu likme / Sākuma procentu likme

Plānotā naudas un depozītu attiecība = Reakcija uz naudas un depozītu attiecību * Procentu likmes iedarbība uz naudas un depozītu attiecību

Rezerves = ACTIVE INITIAL (Depozītu rezerves + Kredītu rezerves, Sākuma līmenis)

Kredītu rezerves = INTEG (Banku kredītu izmaiņas, Sākuma līmenis)

Banku kredītu izmaiņas = (Investīcijas - Kapitāla samazināšana) * Kredītu rezervju norma

Depozītu rezerves = INTEG (Rezervju depozītu izmaiņas, Sākuma līmenis)

Rezervju depozītu izmaiņas = Tīrās depozītu izmaiņas * Depozītu rezervju norma

Rezervju pieprasījums = Depozīti * Depozītu rezervju norma + Kapitāls * Kredītu rezervju norma

Svarīgāko vietu banku sektorā aizņem naudas un depozītu apjoms, tie ir savstarpēji saistīti. 9. attēlā redzams, ka depozītu samazināšana izraisa naudas pieaugumu. Ievērojot sistēmdinamikas specifiku, šis pats rādītājs, kurš nosaka depozītu pāriešanu līdz naudai atspoguļo arī naudas kustību līdz depozītiem. Jāsaprot, ka Depozītu samazināšana ir divvirzienu plūsma. Depozītu samazināšanu nosaka plānotā naudas un depozītu attiecība, faktiskie naudas un depozītu apjomi un naudas izmaiņu laiks. Depozītu palielināšanu nosaka banku kredītu izmaiņas, kuras kopā ar plānoto naudas un depozītu attiecību ir apskatītas banku sektora otrajā daļā.

Depozītu un naudas summa veido naudas masu. Gadījumā, ja Centrālā banka pieņem lēmumu palielināt naudas masu, tad tas izraisīs naudas masas pieauguma efektu, kurš ir tieši proporcionāls reakcijai uz naudas un depozītu attiecību, kura aprēķināta izejot no naudas un depozītu sākuma attiecības. Vēlāk šie rādītāji tiks izmantoti banku sektorā otrajā daļā. 9. attēlā ir redzams, ka banku sektorā ir noteikta arī plānotā investīciju un uzkrājumu attiecība. Tās līmenis mainās, izejot no sākotnējiem un faktiskiem investīciju un uzkrājumu apjomiem. Tālāk, 10. attēlā, ir atspoguļota banku sektora modeļa otrā daļa.

Atbilstoši 10. att. tiek veidotas sistēmdinamikas rādītāju sakarības.

Otrā banku sektora modeļa daļa nosaka procentu likmes un rezervju apjomus. Svarīgākā no procentu likmēm ir starpbanku depozītu likme. Starpbanku depozītu likmes izmaiņas notiek, ievērojot sākuma līmeni, nosvērtu izejot no faktiskās rezerves piedāvājuma un pieprasījuma attiecības un izlīdzināto laikā. Tas nozīmē, ka izmaiņas starpbanku depozītu likmē ir saistītas ar izmaiņām rezervēs vai rezerves pieprasījumā. Tā kopējo reakciju atspoguļo rezerves piedāvājuma un pieprasījuma attiecība, kurā faktiskās rezerves ir sadalītas ar faktisko rezervju pieprasījumu.

Sabiedrībai pieejamās procentu likmes (modelī vienkāršoti - procentu likme) noteicošie faktori ir starpbanku depozītu likme un plānotā investīciju un uzkrājumu attiecība. Plānotā investīciju un uzkrājumu attiecība atspoguļo naudas pieprasījumu un piedāvājumu tirgū, bet starpbanku depozītu likme koriģē tās, ievērojot banku rezerves veidošanas nepieciešamību. Modelī pieņemts, ka procentu likmes izmaiņas tiešā veidā ietekmē naudas un depozītu attiecību, t.i. depozītu palielināšanu. Lai to aprēķinātu, ir ievests

starpbrādītājs - procentu likmes iedarbība uz naudas un depozītu attiecību, kurā sākuma procentu likme salīdzināta ar faktisko.

Būtiski ietekmē banku sektoru Centrālās bankas prasības, veidot rezerves atbilstoši piesaistītiem depozītiem un izsniegtiem kredītiem. 10. attēla ir redzami rezervju aprēķināšanas apakšmodeļi, tie ir līdzīgi depozītiem un kredītiem, bet atšķiras ar rezervju normām un rezervju aprēķināšanas bāzēm. Rezerves ir tieši proporcionālas rezervju normām un to veidojošām bāzēm. Rezervju normas ir nemainīgie koeficienti, bet rezervju bāze kredītu rezervei ir izdotie kredītu apjomi, bet depozītu rezervei – piesaistīto depozītu apjomi. Depozītu izmaiņu aprēķināšana ir apskatīta saistītos apakšmodeļos, bet izsniegto kredītu apjoms iepriekš nebija novērtēts. Trais izsniegto kredītu apjoms aprēķināts kā investīciju un to atmaksas apjomu starpība. Kā iepriekš bija teikts, investīciju atmaksas rādītājs modelī apzīmēts kā kapitāla samazināšana.

XI. MODEĻA PRAKTISKĀ LIETOŠANA. SECINĀJUMI

Neskatoties uz pieejas revolucionāro novitāti, modeli ir iespējams pielietot praktiski, piemēram, prognozējot valsts budžetu. Pirmā modeļa versija bija izstrādāta 2009. gada sākumā [10], kad Latvijā bija izmainīta nodokļu sistēma un nebija zināms ne krīzes dziļums, ne nodokļu politikas ietekme uz to. Tās prognozes, kopā ar prognozi, pamatotu ar tradicionālajām pieejām [11], un faktisko budžeta izpildi [12], ir atspoguļoti 1.tabulā. Jāatzīmē, ka lai prognozētu atsevišķus nodokļus, modelim nepieciešami nelieli praktiskie uzlabojumi.

Kā redzams 1. tabulā, modeļa prognozes realitāti atspoguļo labāk nekā input-output tabulu pamatā izstrādātās budžeta prognozes. Lielo novirzi no faktiskiem datiem autors skaidro ar 2009. gada vidū notikušajām sociālās politikas izmaiņām, izmaiņām valsts transfertu maksājumos, valsts patēriņā. Vislielākā problēma modeļa rezultātos ir saistīta ar uzņēmuma ienākuma nodokli. Modeļa rezultāti rāda, ka komersanti krīzes apstākļos samazinās savas peļņas apjomu. Faktiski dati liecina, ka komersanti to nesamazināja, bet samazināja izdevumus darba spēkam, uz ko norāda sociālās apdrošināšanas iemaksu samazinājums. Diemžēl plašāk atspoguļot modeļa darbību nav iespējams raksta ierobežotā apjoma dēļ.

1. TABULA
LATVIJAS VALSTS BUDŽETA NODOKĻU IEŅĒMUMU PROGNOŽU IZPILDES ANALĪZE 2009. GADAM

	tūkst. Ls			Novirze no fakta	
	Modeļa prognoze	2009. g. budžeta plāna dati (uz 31.12.2008.)	2009. g. budžeta izpilde (fakts)	Modeļa prognoze	2009. g. budžeta plāna dati
PVN	907	1243	811	+12%	+53%
Akcīzes nodokļi	578	633	510	+13%	+24%
Iedzīvotāju ienākuma nodokļi	125	136	125	0%	+9%
Uzņēmuma ienākuma nodokļi	124	242	196	-37%	+23%
Sociālās apdrošināšanas iemaksas	1318	1148	1160	+14%	-1%
Kopā	3052	3402	2802	+9%	+21%

Kopumā šie dati apstiprina sistēmdinamikas metodes un modeļu spēju adekvāti prognozēt tautsaimniecības attīstību. Ievērojot to, ka metode pagaidām nav izplatīta, ir maz cerību, ka tās pamatā veidos valsts budžetu. Metodi varētu plaši pielietot arī citās sfērās, ne tikai ekonomikas prognozēšanā, bet, piemēram, studentu apmācībā, jo ar metodes palīdzību varētu viegli un pārskatāmi izskaidrot dažādus sarežģītus procesus.

Mācību nolūkos, kā arī lai veicinātu sistēmdinamikas metodes izplatīšanu Latvijā, izstrādātais modelis interaktīvā viedā ir izlikts internetā [13]. Tā pielietošana ir vieglā un neprasa speciālo zināšanu vai programnodrošinājumu.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Sterman, John *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. Irwin/McGraw-Hill, 2000.
- [2] Skribans V. *Jaunā ekonomika un jaunie tirgi: pamatprincipi un veidošanās problēmas*. 21. gadsimta universitāte konferences materiāli. Rīga, RTU, 2001. 121.-127. lpp.
- [3] Sargent, Thomas J. *Dynamic macroeconomic theory*. USA.: Harvard Uni. Press, 1987.
- [4] Долан Э.Дзк., Линдсей Д. *Макроэкономика* / Пер. с англ. -СПб., 1994.
- [5] Wheat, David *The Feedback Method of Teaching Macroeconomics: Is it Effective?* // The 2007 International Conference of the System Dynamics Society materials, USA, 2007.
- [6] Skribans V. *Jauna produkta ieviešanas tirgū modelēšana, izmantojot sistēmdinamikas metodi* // RTU raksti. 3.sēr., 17.sēj. Rīga, RTU, 2008. 99.-105.lpp.
- [7] Skribans V. *Modelling crediting volume by using the system dynamic method* // Humanities and social sciences: Latvia 4(57)/2008. P. 114-123.
- [8] Turnovsky, Stephen J. *Methods of Macroeconomic Dynamics*. USA.: MIT press, 2000.
- [9] Skribans V. *Prognozēšanas metodes uzņēmējdarbībā*. Inženierekonomikas nozīme uzņēmējdarbības attīstībā konferences materiāli. Rīga, RTU, 2002. 37.-43. lpp.
- [10] Skribans V. *Krīzes un 2009. gada nodokļu politikas izmaiņu ietekme uz Latvijas ekonomiku* // LU raksti. Rīga, LU, 2009. 189.-200. lpp.
- [11] Latvijas ekonomikas stabilizācijas un izaugsmes atjaunošanas programma. [Online]. Available: <http://www.mk.gov.lv/lv/aktuali/zinas/2008gads/12/12122008-02/> [Accessed December 31, 2008].
- [12] Valsts kases mēneša pārskats par konsolidētā kopbudžeta izpildi. [Online]. Available: http://www.kase.gov.lv/?object_id=1679 [Accessed January 21, 2010].
- [13] Latvijas makroekonomikas aprites modelis. [Online]. Available: <http://www.sesmi.lv/skribans/galva.html> [Accessed February 2, 2011].

Valerijs Skribans, Dr.oec., 2006, Riga Technical university.



Mob. +371 26429535,
e-mail: valerijs.skribans@rtu.lv

Leading researcher, assistant professor of Riga Technical University; has experience of managing chair; more than ten years practical work in economist and financial officer positions. Specialist in system dynamics.

Member of International System Dynamics Society, Society for the Study of Emerging Markets, Archive of the Munich Personal Research Papers in Economics, Russian System Dynamics Society, Imitation and Modeling Society (Latvia), Latvian Association of Econometrists.

Meza Str. 1/7, room 107, Riga, LV1048, Latvia,

Valerijs Skribans. Development of System Dynamics Macroeconomic Equilibrium Model

In Latvia in last 20 years development of economic situation has passed through various stages. Including - Post-Soviet re-structuring of demand and closing of industrial giants; development of the economy based on transit; development of craft manufacture, small enterprises and branch of services (after joining to EU) and their decline because of transition to the system focused for export of labour resources. In 2009 the following stage of economic development became swept up. Latvia hasn't sufficed resources for a survival, financing has been requested from the international community. Unfortunately, any of the mentioned models isn't necessary for the developed countries, therefore it is possible to draw a conclusion that the Latvian economy still is in process of transformation. It is necessary to define possible directions of the further development. In Latvia to estimate economy development, the model of system dynamics which quantitatively analyzes macroeconomic balance is developed. Considering theme actuality, article purpose is to reflect the developed model. For purpose achievements following problems are put forward:

- to reflect model structure, to show its forming blocks;
- to prove economic interrelations and assumptions which are accepted in model;
- to show model application on an example of separate economic indicators.

The model presented in article, has been developed with use of a method of system dynamics. The method is chosen taking into account difficult interaction between macroeconomic processes. It is a unique quantitative method which allows to estimate not only plural causally - investigatory communications, but also their return interaction. Macroeconomic balance is based on feedback in this connection for its analysis, during the long-term period, it is recommended to use a method of system dynamics.

Валерий Скрибан. Разработка модели макроэкономического равновесия с использованием метода системной динамики

Развитие экономической ситуации в Латвии в последние 20 лет прошло через различные этапы. В том числе - постсоветская реструктуризация спроса и закрытие промышленных гигантов; развитие экономики, основанной на транзите; развитие ремесленного производства, малых предприятий и отрасли услуг (после присоединения к ЕС) и их упадок из-за перехода на систему, ориентированную на экспорт трудовых ресурсов. В 2009-ом стал заметен следующий этап экономического развития. Латвии не хватило ресурсов для выживания, было запрошено финансирование со стороны международного сообщества. К сожалению, ни одна из упомянутых моделей не годится для развитых стран, поэтому можно сделать вывод, что латвийская экономика все еще находится в процессе трансформации. Необходимо определить возможные направления дальнейшего развития. В Латвии, чтобы оценить развитие экономики, разработана модель системной динамики, которая количественно анализирует макроэкономическое равновесие. Учитывая актуальность темы, цель статьи - отразить разработанную модель. Для достижения цели выдвинуты следующие задачи:

- отразить структуру модели, показать ее образующие блоки;
- обосновать экономические взаимосвязи и допущения, которые приняты в модели;
- показать применение модели на примере отдельных экономических показателей.

Модель, представленная в статье, была разработана с использованием метода системной динамики. Метод выбран с учетом сложного взаимодействия между макроэкономическими процессами. Это единственный количественный метод, который позволяет оценить не только множественные причинно-следственные связи, но и их обратное взаимодействие. Макроэкономическое равновесие основывается на обратных связях, в связи с чем для его анализа, в долгосрочный период, рекомендуется использовать метод системной динамики.